

广东南岭国家公园的自然度评价研究

Naturalness Evaluation of Guangdong Nanling National Park

胡婷 黄金玲*
HU Ting, HUANG Jin-ling*

摘要: 采用自然度评价模型对拟建的广东南岭国家公园的自然属性进行分析。分析结果显示, 呈现原始自然状态区域和自然状态区域面积超过公园总面积的 95%, 说明广东南岭国家公园的自然基底等具有很强的自然属性, 自然生态系统、生物多样性、自然遗迹和自然景观的原真性较强, 未来需要对不同自然度等级的区域实施差异化保护和管理策略。

关键词: 自然属性; 自然度评价; GIS; 广东南岭国家公园
中图分类号: X37; S688
文献标志码: A

文章编号: 1671-2641(2020)05-0012-06
收稿日期: 2020-09-16
修回日期: 2020-09-27

Abstract: The natural properties of the proposed Nanling National Park in Guangdong Province are analyzed by using the naturalness evaluation model. The analysis results show that the original natural state area and natural state area are more than 95% of the total area of the park. It shows that the natural base of Guangdong Nanling National Park has a strong natural property, and the authenticity of natural ecosystems, biodiversity, natural heritage and natural landscape is strong, differentiated protection and management strategies need to be implemented in different naturalness degrees areas in the future.

Key words: Natural property; Naturalness evaluation; GIS; Guangdong Nanling National Park

自然属性是国家公园的基本特征之一。自然度作为描述保护价值和现状保存状态的指标, 主要用于描述人类活动对自然环境的影响或自然属性保留程度, 亦或当前与潜在自然状态的距离^[1-2]。国内学者对自然度评价多从定量分析的角度进行研究, 选取生物指标和人为干扰指标构建指标体系, 采用层次分析法、灰色关联度、综合评价法等进行自然度计算^[3-4]。国外学者在农^[5]、林^[6]、自然保护地^[7]等领域的评价得到了较为广泛的应用, 通常采用构建计算模型的方式进行自然度测算^[7]。本文以广东南岭国家公园(以下简称“南岭国家公园”)科学考察数据为基础, 构建自然度评价模型, 分析其自然属性, 以期以南岭国家公园的保护、建设、生态修复等提供科学依据。

1 研究方法

1.1 数据来源与研究单元划分

本研究数据来源于地理数据空间云(<http://www.gscloud.cn/>)下载的拟建南岭国家公园遥感卫星影像图、《拟建广东南岭国家公园本底资源调查与评价报告》^[8]《拟建广东南岭国家公园范围划定建议方案》^[9]等。研究单元划分 1 km×1 km 的网格, 共 3 064 个。建立南岭国家公园自然度评价指标体系, 根据评价指标, 将采样所得的数据定位到图上每个区域中; 随后对网格中的评价指标值进行标准化处理, 通过层次分析法确定森林自然度评价指标权重; 最后根据公式计算公园综合的自然度值, 并按照自然度值进行等级划分。

1.2 构建评价指标体系

构建南岭国家公园自然度评价体系, 旨在分析其内各生态要素和整体生态系统的自然状况以及人为干扰程度。因此, 构建的自然度指标体系目标层为南岭国家公园自然度, 准则层由植被自然度、土壤自然度、水体水系自然度、动物栖息地自然度、景观自然度和干扰程度组成, 指标层由天然林面积占比、植被覆盖度、枯落物层厚度等 18 个指标构成(图 1)。与国家公园生态健康和生态系统稳定性评价体系相比, 南岭国家公园自然度评价体系涉及的生态要素更为全面, 不仅关注公园内各生态系统当前状况, 还强调人为干扰带来的生态系统变化。各指标计算方法如表 1 所示。

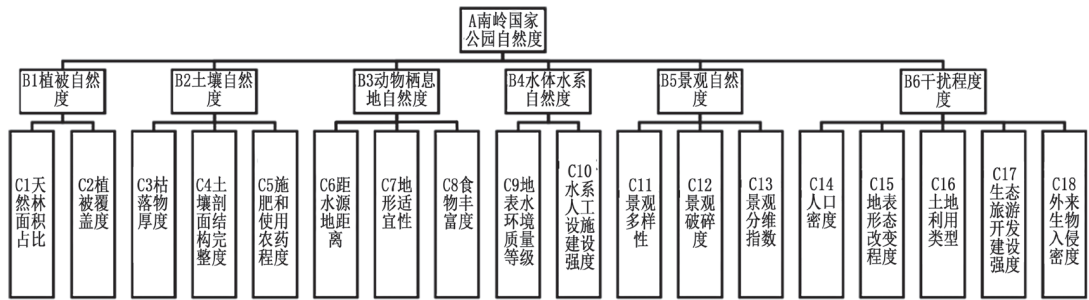


图1 广东南岭国家森林公园自然度评价指标体系

表1 自然度评价指标含义及计算方式

指标层	分级名称	分级标准	指标计算方式
C1 天然林面积占比	天然林面积占比较少	$PNFA \leq 0.4$	$PNFA = \frac{A_{nf}}{A}$ 式中， $PNFA$ 指天然林面积占比； A_{nf} 指每个研究单元内天然林面积； A 是每个研究单元总面积。
	天然林面积占比中等	$0.4 \sim 0.7$	
	天然林面积占比较高	$PNFA > 0.7$	
C2 植被覆盖度	植被覆盖率低	$\overline{VC} \leq 0.14$	$\overline{VC} = \sum_{v=1}^n A_v W_v / n$ 式中， $\overline{VC}$ 指研究单元植被覆盖度加权平均值； A_v 是研究单元内第 v 种植被覆盖类型的面积占比； W_v 是第 v 种植被覆盖类型的权重； n 为植被覆盖类型数量。
	植被覆盖率中	$0.15 \sim 0.26$	
	植被覆盖率高	$\overline{VC} > 0.26$	
C3 枯落物层厚度	枯落物层较厚	$\overline{TLL} \leq 0.15$	$\overline{TLL} = \sum_{l=1}^k A_l W_l / k$ 式中， $\overline{TLL}$ 指研究单元枯落物层厚度加权平均值； A_l 是研究单元内第 l 种枯落物厚度面积占比； W_l 是第 l 种枯落物厚度类型的权重； k 为枯落物厚度类型数量。
	枯落物层中等	$0.15 \sim 0.20$	
	枯落物层薄	$\overline{TLL} > 0.20$	
C4 土壤剖面结构完整度	剖面结构完全破坏	$\overline{SISP} \leq 0.4$	$\overline{SISP} = \frac{A_{sisp}}{A}$ 式中， $\overline{SISP}$ 指研究单元土壤剖面结构完整度； A_{sisp} 是每个研究单元内土壤剖面结构受到破坏的面积； A 是每个研究单元总面积。
	剖面结构破坏中等	$0.4 \sim 0.7$	
	剖面结构破坏较小	$\overline{SISP} > 0.7$	
C5 施肥和使用农药程度	施肥和使用农药程度较高	$DEP \leq 0.04$	式中， DEP 指施肥和使用农药程度； A_{dp} 是每个研究单元内施肥和使用农药的面积； A 是每个研究单元总面积。
	施肥和使用农药程度中等	$0.04 \sim 0.13$	
	施肥和使用农药程度较低	$DEP > 0.13$	
C6 距水源地距离	距水源地距离较远	$\overline{DWS} \leq 0.20$	$\overline{DWS} = \sum_{w=1}^q A_w w_w / q$ 式中， $\overline{DWS}$ 指研究单元加权平均距水源地距离值； A_w 是研究单元内第 w 种距水源地距离面积占比； w_w 是第 w 种距水源地距离的权重； q 为水源地不同距离的数量。
	距水源地距离中等	$0.20 \sim 0.40$	
	距水源地距离较近	$\overline{DWS} > 0.40$	
C7 地形适宜性	地形适宜性较低	$\overline{TS} \leq 0.20$	$\overline{TS} = \sum_{e=1}^j A_e w_e / j$ 式中， $\overline{TS}$ 指研究单元地形适宜性加权平均值； A_e 是研究单元内第 e 种等级地形适宜性的面积占比； w_e 是第 e 种等级地形适宜性的权重； j 为地形适宜性类型的数量。
	地形适宜性中等	$0.20 \sim 0.40$	
	地形适宜性较高	$\overline{TS} > 0.40$	
C8 食物丰富度	食物丰富度较低	$\overline{FA} \leq 0.20$	$\overline{FA} = \sum_{a=1}^t A_a w_a / t$ 式中， $\overline{FA}$ 指研究单元食物丰富度加权平均值； A_a 是研究单元内第 a 种等级食物丰富度面积占比； w_a 是第 a 种等级食物丰富度的权重； t 为食物丰富度类型的数量。
	食物丰富度中等	$0.20 \sim 0.40$	
	食物丰富度较高	$\overline{FA} > 0.40$	
C9 地表水环境质量等级	地表水环境质量较低	$\overline{SWQ} \leq 0.5$	$\overline{SWQ} = \sum_{h=1}^c V_h / c$ 式中， $\overline{SWQ}$ 指地表水环境质量等级平均值； V_h 是第 h 种地表水环境质量等级的值； c 是研究单元内同种地表水水质等级水系斑块个数。
	地表水环境质量中等	$0.5 \sim 1.5$	
	地表水环境质量较高	$\overline{SWQ} > 1.5$	
C10 水系人工设施建设强度	水系人工建设强度较低	$CIWAF \leq 0.002$	$CIWAF = \frac{S_f}{A_f}$ 式中， $CIWAF$ 指水系人工设施建设强度； S_f 是每个研究单元内人工建设设施面积； A_f 是每个研究单元水系水体总面积。
	水系人工建设强度中等	$0.002 \sim 0.007$	
	水系人工建设强度较高	$CIWAF > 0.007$	

表 1 自然度评价指标含义及计算方式 (续)

指标层	分级名称	分级标准	指标计算方式
C11 景观多样性	景观多样性低	$H \leq 0.09$	$H = - \sum_{i=1}^m (P_i \times \log_2 P_i)$ 式中, H 为研究研究单元景观多样性指数, P_i 为研究单元内第 i 种景观类型面积占总面积的比例, m 为研究单元内景观类型总数^[8]。
	景观多样性中等	$0.09 \sim 0.28$	
	景观多样性高	$H > 0.28$	
C12 景观破碎度	景观破碎度低	$C_i \leq 0.01$	$C_i = n_i / A_i$ 式中 C_i 为研究单元景观破碎度; A_i 为研究单元内第 i 类景观类型的面积; n_i 为研究单元内第 i 类景观类型的斑块总个数^[10]。
	景观破碎度中等	$0.01 \sim 0.02$	
	景观破碎度高	$C_i > 0.02$	
C13 景观分维指数	景观分维指数低	$F_d \leq 1.04$	$F_d = 2 \ln (L_i / 4) / \ln A_i$ 式中 F_d 为研究单元斑块分维指数; L_i 为研究单元内第 i 种景观类型的周长; A_i 为研究单元内第 i 种景观类型的面积^[11]。
	景观分维指数中等	$1.04 \sim 1.16$	
	景观分维指数高	$F_d > 1.16$	
C14 人口密度	人口密度稀疏	$PD \leq 0.4$	$PD = \frac{A_{pd}}{A}$ 式中, PD 指每个研究单元内南岭国家公园人口密度; A_{pd} 是每个研究单元内人口活动区域的面积; A 是每个研究单元总面积。
	人口密度中等	$0.4 \sim 0.7$	
	人口密度密集	$PD > 0.7$	
C15 地表形态改变程度	重度受损地表	$\overline{CDSM} \leq 0.2$	$\overline{CDSM} = \sum_r^b A_r w_r / b$ 式中, $\overline{CDSM}$ 指研究单元地表形态改变程度的加权平均值; A_r 是研究单元内第 r 种地表形态类型的面积占比; w_r 是第 r 种地表形态类型的权重; b 为地表形态类型的数量。
	轻度受损地表	$0.2 \sim 0.4$	
	自然地表	$\overline{CDSM} > 0.4$	
C16 土地利用类型	土地利用强度大	$\overline{LUI} \leq 0.2$	$\overline{LUI} = \sum_u^G A_u w_u / G$ 式中, $\overline{LUI}$ 指研究单元土地利用强度; A_u 是研究单元内第 u 种土地利用类型的面积; w_u 是第 u 种土地利用类型权重; G 为土地利用类型的数量。
	土地利用强度中等	$0.2 \sim 0.4$	
	土地利用强度小	$\overline{LUI} > 0.4$	
C17 生态旅游开发建设强度	生态旅游开发强度较低	$EDI \leq 0.4$	$EDI = \frac{A_{edi}}{A}$ 式中, EDI 指旅游开发建设强度; A_{edi} 是每个研究单元生态旅游开发的面积; A 是每个研究单元总面积。
	生态旅游开发强度中等	$0.4 \sim 0.7$	
	生态旅游开发强度较高	$EDI > 0.7$	
C18 外来生物入侵密度	外来生物入侵程度较低	$AID \leq 0.1$	$AID = \frac{A_{aid}}{A}$ 式中, AID 指外来生物入侵密度; A_{aid} 是每个研究单元内外来生物入侵面积; A 是每个研究单元总面积。
	外来生物入侵程度中等	$0.1 \sim 0.4$	
	外来生物入侵程度较高	$AID > 0.4$	

1.3 评价指标标准化和权重计算

由于每个评估因子的量纲是不同的,不具有可比性,因此在统一评估之前对评估因子进行离差标准化处理;随后采用YAAHP软件对构建的评价指标体系进行评价指标权重计算,通过建立层次结构模型,构建对比矩阵,对其进行一致性检测,得出每个指标一致性值 $CR < 0.1$,标志指标所负权重合理,具有令人满意的一致性。计算权重结果如表2所示。

1.4 自然度计算

1.4.1 构建自然度评价模型

1) 构建准则层各指标自然度评价模型

应用综合评价法构建准则层各指标自然度计算模型,理论公式如下所示:

$$NI = \sum_{j=1}^z w_j Y_j \quad (1)$$

(1) 式中, NI 为准则层各指标(植被自然度、土壤自然度、动物栖息地自然度、水体水系自然度、

景观自然度、干扰程度)的值; w_j 为各准则层指标下第 j 个指标的权重值; Y_j 为各准则层指标下第 j 个指标标准化后的值; z 为各准则层指标下的指标个数。

2) 构建综合自然度评价模型

将各评价指标进行标准化处理,根据建立的准则层各指标自然度评价模型,计算南岭国家公园植被自然度、土壤自然度、动物栖息地自然度、水体水系自然度、景观自然度以及干扰程度的总和,得到南岭国家公园综合

自然度评价模型，如下所示：

$$N = B1 + B2 + B3 + B4 + B5 + B6 \quad (2)$$

(2) 式中，N 为南岭国家公园综合自然度值；B1 为植被自然度值；B2 为土壤自然度值；B3 动物栖息地自然度值；B4 水系水体自然度值；B5 景观自然度值；B6 干扰程度值。

1. 4. 2 自然度等级划分

借鉴国外自然度划分标准，在南岭国家公园综合自然度计算的基础上，将自然度按照等间距法划分为 5 个等级，并对其等级赋予新的含义，以便更好地说明南岭国家公园内的生态状况（表 3）。

2 结果分析

计算结果（图 2~7）显示，南岭国家公园内由原始自然、自然和近自然 3 种状态区域组成，尚无处于近人工状态和人工状态的区域（图 8），且原始自然状态区域和自然状态区域超过公园总面积的 95%，近自然状态面积占比为 4.21%（表 4），说明其自然属性良好，整体自然生态保护效果良好。

2.1 原始自然状态空间

原始状态空间主要分布在南岭一石门台片区东部的大坪顶、北部的担干冲和桃子坪、南部的石门坑、天堂顶和背福山等区域，以及丹霞山片区南部的矮寨、东部的韶石山、西部的燕岩等区域。空间内天然林面积占比和植被覆盖度高；距离水源地较近，地形较为平缓，适宜野生动物栖息和活动。空间内土地利用为林地，无建设用地，自然景观本底保存较好，景观破碎度相对较小；土壤和地形地貌基本维持原始状态，空间内几乎不受社区人为活动、旅游活动以及外来生物入侵的影响。原始自然状态空间是南岭国家公园内生态质量最好、人为活动最少的区域。在后续公园开发和保护规划中，应将这部分区域规划为国家公园的核心保护区，实施封闭式管理等严格保护措施。

表 2 南岭国家公园自然度评价指标体系及权重

目标层	准则层	权重值 (W _i)	指标层	权重值 (W _i)
A 南岭国家公园自然度	B1 植被自然度	0.2011	C1 天然林面积占比	0.1341
			C2 植被覆盖度	0.0670
			C3 枯落物层厚度	0.0342
	B2 土壤自然度	0.1026	C4 土壤剖面结构完整度	0.0342
			C5 施肥和使用农药程度	0.0342
			C6 距水源地距离	0.0931
	B3 动物栖息地自然度	0.2099	C7 地形适宜性	0.0355
			C8 食物丰富度	0.0813
			C9 地表水环境质量等级	0.0629
	B4 水系水体自然度	0.1258	C10 水系人工设施建设强度	0.0629
			C11 景观多样性	0.0327
			C12 景观破碎度	0.0519
	B5 景观自然度	0.1258	C13 景观分维指数	0.0412
			C14 人口密度	0.0406
			C15 地表形态改变程度	0.0538
	B6 干扰程度	0.2346	C16 土地利用类型	0.0538
			C17 生态旅游开发建设强度	0.0406
			C18 外来生物入侵密度	0.0458

表 3 南岭国家公园研究单元内综合自然度等级划分

自然度等级	自然特征	分值
原始自然状态	外界无干扰或公园内小范围空间受到轻度干扰，属于自然生态系统	0.8~1
自然状态	较大面积区域受到轻度干扰，系统逐渐向半自然半人工生态系统过渡	0.6~0.8
近自然状态	大面积区域受到中等程度的干扰，自然元素大大减少，属于半自然半人工生态系统	0.4~0.6
近人工状态	受到较强干扰的影响，大面积的人工设施出现，系统逐渐向人工生态系统过渡	0.2~0.4
人工状态	受到人为干扰强度大，几乎没有自然生态系统存在，完全属于人工生态系统	0~0.2

表 4 南岭国家公园综合自然度面积占比情况

自然度等级	面积 (hm ²)	面积占比 (%)
原始自然状态	65 325.04	30.79
自然状态	137 875.97	65.00
近自然状态	8 924.99	4.21
近人工状态	0	0
人工状态	0	0
合计	212 126.00	100

2.2 自然状态空间

自然状态空间主要连片分布在南岭 - 石门台片区东北部的大东山和中心坑、中部的上洞和黄洞、南部的百

鸟塘以及丹霞山片区北部的田螺山等区域。自然状态空间内的植被覆盖、天然林面积占比、地形适宜性等指标处于中等或较低水平，空间内无人工

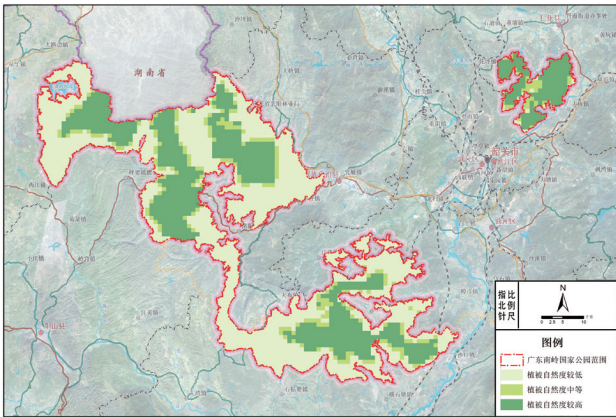


图2 植被自然度

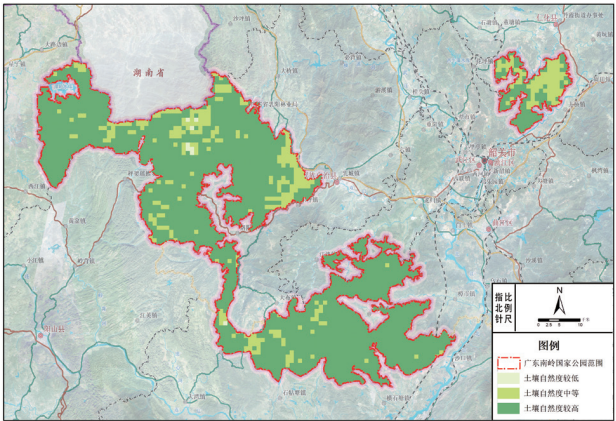


图3 土壤自然度

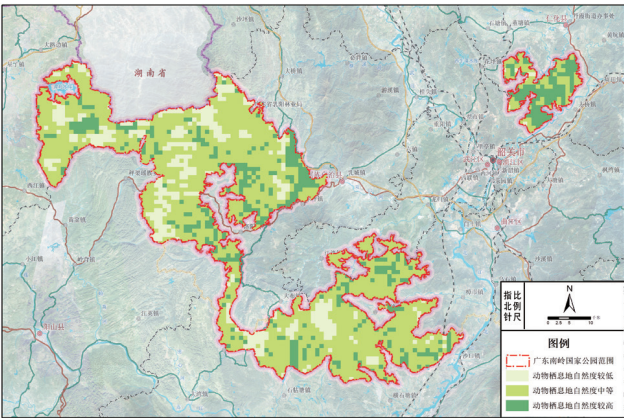


图4 动物栖息地自然度

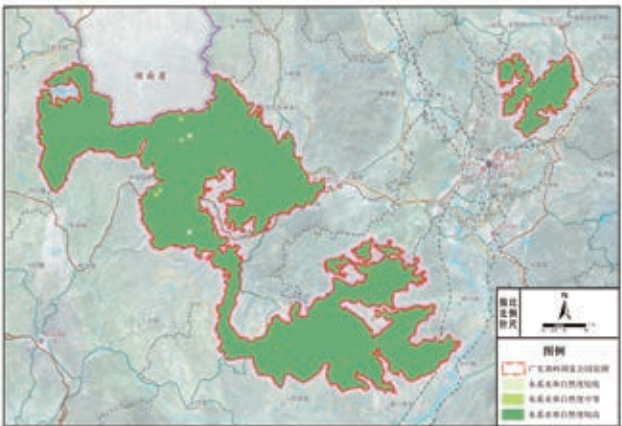


图5 水系水体自然度

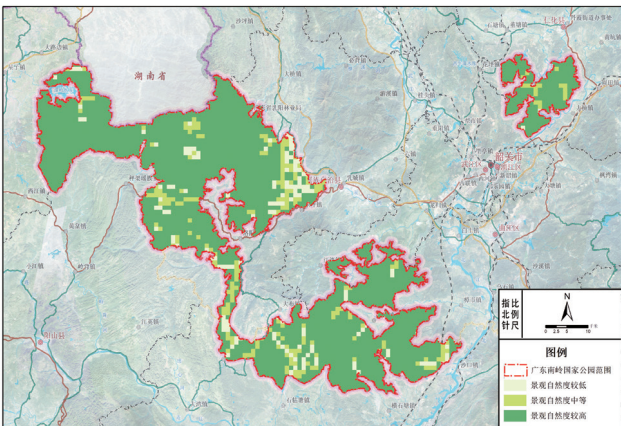


图6 景观自然度

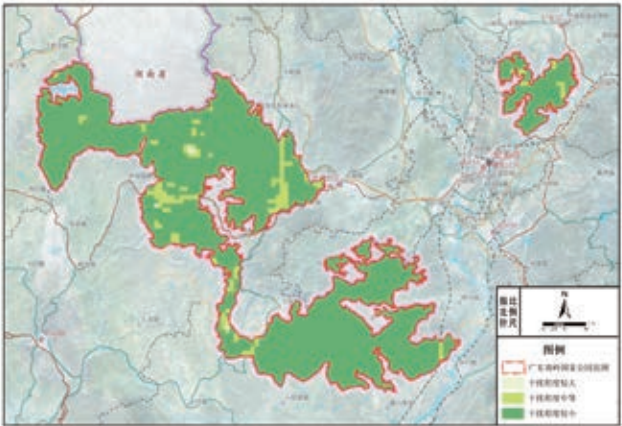


图7 干扰程度

水利设施建设，整体水体水系自然度相对较高；部分区域如南岭-石门台片区的燕子岗、丹霞山片区的观音山和田螺山存在村庄宅基地和公路，地

表形态发生改变，导致整体自然度下降，生态系统逐渐向半自然半人工生态系统过渡。未来可根据景观资源情况将自然状态空间规划为生

态保育或科教游憩区，对可规划成生态保育区内存在土壤、植被覆盖度和天然林占比较低的区域进行生态修复，或采用封山育林、人工造

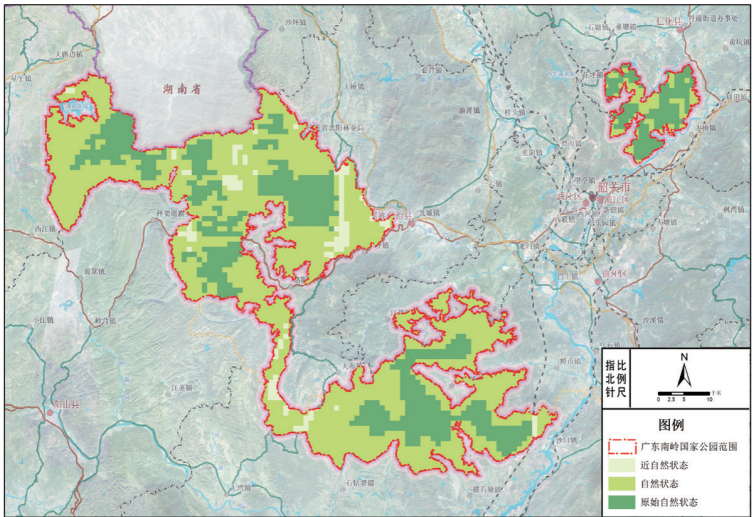


图8 综合自然度评价结果

林的措施,使其自然恢复到原始自然状态;对可规划成科教游憩区的区域,结合现有景观资源,适度进行旅游开发和开展环境教育。

2.3 近自然状态空间

近自然状态区域零散分布在南岭-石门台片区的太平洞、南水水库、大潭河、何家岭、甲坑等区域。由于空间内零星分布机动车交通道路、村庄、水利设施、军事设施、秤架林场等建设用地,导致景观多样性和破碎度增大,天然林占比和植被覆盖度降低,地表水体质量和动物栖息地自然度下降。此外,空间内的太平洞、甲坑、南水水库附近区域存在社区居民生产生活,部分公路两旁也存在旅游活动,从而对空间内生态系统产生较大的干扰,使之成为半自然半人工生态系统。未来对近自然状态空间实施保护管理,首先应对现状水体水系、土壤、植被等自然度低的区域实施修复。

3 结语

本研究选取 18 个因子构建自然度评价指标体系,应用 ArcGIS 对广东南岭国家公园的 3 064 个 1 km×1 km 评价单元网格进行自然度计算和空间分析。分析结果中,未出现近人工状

态及人工状态空间,是由于划分的评价单元网格较大,而南岭国家公园的近人工状态、人工状态斑块的空间规模普遍小于 1 km×1 km,在一定程度上对自然度评价结果和自然属性的准确性产生一定影响,但最终评价结果对国家公园的保护、规划、管理和生态修复具有一定的科学参考价值。

目前,针对国家公园自然属性研究的文献偏少。自然度评价是判断国家公园自然属性和生态系统健康状况的重要途径,是制定国家公园自然生态保护和资源合理利用策略的基础。未来,南岭国家公园在规划建设中可根据自然度评价结果,将原始自然状态和大部分自然状态区域规划为核心保护区,采取严格生态保育措施,保护和维持区域内自然生态系统和生物多样性的原真性和原生性;部分近自然区域可规划为游憩展示、科研监测、自然科普教育、社区生产生活空间。

注:文中图表均为作者自绘。

参考文献:

[1] ANDERSON J E. A Conceptual Framework for Evaluating and Quantifying Naturalness[J]. Conservation Biology, 2010, 5 (3): 347-352.

[2] WINTER S, FISCHER H S, FISCHER A. Relative Quantitative Reference Approach on Naturalness Assessments[J]. Forest Ecology & Management, 2010 (259): 1624-1632.

[3] 杨韬,张德顺.山岳型风景名胜区自然度评价指标体系的构建[J].风景园林, 2015 (10): 77-84.

[4] 王冰洁,刘朋钢,杨海龙,等.北京山区河流自然性评价系统及其应用[J].中国水土保持科学, 2015, 13 (4): 67-73.

[5] RENETZEDER C, SCHINDLER S, PETERSEIL J, et al. Can We Measure Ecological Sustainability? Landscape Pattern as an Indicator for Naturalness and Land Use Intensity at Regional, National and European Level[J]. Ecological Indicators, 2010, 10 (1): 0-48.

[6] COTES, BELANGER L, BEAUREGARD R, et al. A Conceptual Model for Forest Naturalness Assessment and Application in Quebec's Boreal Forest[J]. Forests, 2019, 10 (325): 2-29.

[7] GIMMI U, RADELOFF V C. Assessing Naturalness in Northern Great Lakes Forests Based on Historical Land-Cover and Vegetation Changes[J]. Environmental Management, 2013, 52 (2): 481-492.

[8] 黄金玲, 缪绅裕, 邓毅, 等. 南岭国家公园本底资源调查与评价报告[R]. 广州: 广州大学国家公园研究中心, 2020: 1-429.

[9] 黄金玲. 拟建广东南岭国家公园范围划定建议方案[R]. 广州: 广州大学国家公园研究中心, 2020: 3-29.

[10] 吴琮. 基于景观格局的辽宁海岸带生态脆弱性评价[D]. 大连: 辽宁师范大学, 2014.

[11] 王洪成. 亚布力国家森林公园森林景观格局分析及生态评价[D]. 哈尔滨: 东北林业大学, 2016.

作者简介:

胡婷/1996 年生/女/湖南衡阳人/硕士/东莞市城建规划设计院(广东 510006)/专业方向为城乡生态规划

(*通信作者) 黄金玲/1960 年生/男/湖南人/广州大学建筑与城市规划学院, 广州大学国家公园研究中心(广州 510006)/教授级高级工程师/研究方向为城乡生态规划和自然保护地规划/E-mail:1013559891@qq.com